



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE DESIGN E COMUNICAÇÃO
CURSO DE DESIGN

JOSIVALDO JOSÉ LIMA DA SILVA

**EXPERIMENTAÇÃO DE MATERIAL BIODEGRADÁVEL COM RESÍDUOS DO
CACTO MANDACARU**

Caruaru
2022

JOSIVALDO JOSÉ LIMA DA SILVA

**EXPERIMENTAÇÃO DE MATERIAL BIODEGRADÁVEL COM RESÍDUOS DO
CACTO MANDACARU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Design do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel/licenciado em Design.

Área de concentração: design de materiais e produtos

Orientador (a): Germannya D’Garcia de Araújo Silva

Caruaru

2022

AGRADECIMENTOS

Quero iniciar agradecendo a Deus por ter me sustentado durante essa longa jornada. Aos meus pais, meu irmão e minha irmã pelo apoio de sempre e pelas palavras de incentivo ao longo do caminho.

A minha orientadora Prof^a Dr^a Germannya D’Garcia, que abraçou este projeto em meio às grandes dificuldades provocadas pela pandemia da Covid-19 e me orientou com paciência, sempre disposta a promover a busca pelo aperfeiçoamento e pela qualidade da pesquisa. Guardarei comigo essa rica experiência como orientando e sempre terei a professora Germannya como referência de excelência profissional e de alguém que inspira a não ter medo do novo, mostrando que sempre é possível ir além.

A Universidade Federal de Pernambuco e todo corpo docente do Núcleo de Design e Comunicação do Centro Acadêmico do Agreste pelos ricos conhecimentos transmitidos durante essa minha jornada como graduando. Ainda quero estender os meus agradecimentos aos meus amigos e colegas do CAA, especialmente do curso de Design, pelos bons momentos compartilhados e palavras de apoio ao longo deste ciclo acadêmico. Não poderei definir com palavras o que essas pessoas significaram e significam na minha vida, só consigo agradecer por tê-las conhecido e tenho a certeza de que carrego comigo um pouco de cada uma delas.

Por fim, agradeço à comunidade Taperinha, localizada na zona rural da cidade de Surubim – Pernambuco, pela importante colaboração para a realização dessa pesquisa. Também sou grato a todos que de alguma forma tinham conhecimento sobre esse projeto e que contribuíram de forma direta e indireta para que ele pudesse ser concluído.

“Mandacaru! Deus me ajude a ser forte como tu. Mandacaru! Deus me ajude a aguentar o tempo, o vento, a chuva, a seca, o norte, a morte, a abundância ou falta de sorte [...]”. (CONRADO, 2021).

Experimentação de Material Biodegradável com Resíduos do Cacto Mandacaru

Experimentación de Material Biodegradable con Residuos del Cactus Mandacaru

Josivaldo José Lima da Silva¹

RESUMO

Este artigo trata-se da experimentação em design que propôs desenvolver um material biodegradável por método não laboratorial a partir de resíduos do caule do cacto Mandacaru, planta típica da região nordeste do Brasil. Acredita-se que essa matéria prima local, renovável e abundante tenha potencial para o desenvolvimento de novos materiais e produtos sustentáveis nas esferas industrial e artesanal. A trajetória da pesquisa foi desenhada a partir do cruzamento da perspectiva do Design Social e do Design Circular com a engenharia de materiais: 1) Armazenamento e Coleta dos resíduos do caule do Mandacaru junto à comunidade da zona rural de Surubim-Pernambuco/Brasil; 2) Beneficiamento e produção do pó e do ligante; 3) Produção da Biomassa e; 4) Conformação do objeto. Os primeiros resultados evidenciaram um potencial uso dos resíduos do cacto na formação de estruturas leves e tenazes, embora ainda com baixa resistência mecânica à tração. As próximas fases da pesquisa serão conduzidas em laboratório, com e sem substituição do ligante, para caracterização da biomassa e ensaios mecânicos para definição das propriedades do material.

Palavras-chave: materiais biodegradáveis; experimentação em design; design circular; resíduos; cacto mandacaru.

RESUMEN

Este artículo trata sobre la experimentación en diseño que propone desarrollar un material biodegradable por método no laboratorial a partir de residuos del tallo del

¹ Graduando em Design pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: josivaldojose165@gmail.com

cactus Mandacaru, planta típica de la región nordeste de Brasil. Se cree que esta materia prima local, renovable y abundante tiene potencial para el desarrollo de nuevos materiales y productos sostenibles en el campo industrial y artesanal. La trayectoria de la investigación fue diseñada a partir de la perspectiva del Diseño Social y la del Diseño Circular enlazándolas con la ingeniería de materiales: 1) Colecta y almacenamiento de los residuos del tallo del Mandacaru por parte de la comunidad de la zona rural de Surubim-Pernambuco/Brasil; 2) Tratamiento y producción del polvo y del aglutinante; 3) Producción de la Biomasa y; 4) Conformación del objeto. Los primeros resultados evidenciaron un potencial uso de los residuos del cactus en la formación de estructuras leves y tenaces, con baja resistencia mecánica a la tracción. Como propuesta para trabajos futuros, se sugiere que sean realizados nuevos estudios en ambiente de laboratorio del biomaterial con diferentes tamaños de las partículas, con y sin la sustitución del aglutinante con el fin de caracterizar su microestructura; estudiar su procesabilidad por inyección y extrusión, y probar su aplicación a embalajes de corta duración.

Palabras-clave: materiales biodegradables; experimentación en diseño; diseño circular; residuos; cactus mandacaru.

DATA DE APROVAÇÃO: 04 de novembro de 2022.

1 INTRODUÇÃO

O sistema de produção e consumo sustentado na exploração excessiva dos recursos naturais finitos se apresenta cada vez mais insustentável para o planeta. A produção de bens no atual modelo linear de produção está contribuindo para que haja uma futura escassez de recursos naturais, oferecendo riscos para a qualidade de vida das futuras gerações (PAPANECK, 1985). A extração de matérias primas não renováveis; o aumento da produção em modelo linear e a reciclagem não adequada são ainda os problemas ambientais mais recorrentes nas discussões sobre gerenciamento de resíduos (FIBRENAMICS, 2020). E nesse sentido, o design circular se concentra em criar produtos e serviços para a economia circular, na proposta de

repensar a forma como moldamos o ambiente material ao nosso redor para atender às nossas necessidades e desejos.

Os setores de logística das empresas para o escoamento da produção, demandam embalagens para a proteção e transporte das peças que, normalmente, são sistemas com curto tempo de vida, descartados logo após seu uso. Esse tipo de comportamento, desalinhado do pensamento circular, gera graves consequências ao meio ambiente. Uma alternativa para reduzir o impacto dessa produção é apostar em propostas de inovação em materiais, tecnologias e processos com respaldo no design circular, não apenas com a reutilização de materiais sintéticos para aproveitamento máximo das suas propriedades, mas também aproveitamento de materiais para potencializar o uso de resíduos de fontes renováveis evitando danos ambientais durante o processo de degradação (SMOL, KULCZYCKA e AVDIUSHCHENKO, 2017).

Na direção do modelo circular produtivo de bens de consumo, é notável o crescimento de pesquisas de novos biomateriais com uso de resíduos fibrosos vegetais. A aplicação desses materiais na fabricação de produtos tem apresentado eficiência na amenização dos impactos ambientais, seja durante o processo de fabricação ou após o descarte. Contudo, em grande parte das inovações em materiais, os resíduos fibrosos são adicionados como reforço em matrizes poliméricas sintéticas, pois ainda é um desafio a produção de materiais compósitos inteiramente originados da biomassa (JOHN & THOMAS, 2008).

No que se refere ao design de embalagem, Peltier (2009) chama a atenção para o fato de que ao final da vida útil, todos os produtos se tornam resíduos e uma das sugestões para amenizar os impactos após o descarte é propor um resíduo de embalagem mais limpo. Para tanto, é necessário que novas propostas sejam lançadas, aplicando a criatividade para a elaboração de novos materiais, tecnologias e procedimentos, colaborando significativamente na redução dos impactos durante as etapas do ciclo de vida do produto.

Na perspectiva de minimizar os impactos das embalagens de curto prazo, os autores desta pesquisa pretendem associar o design social à tecnologia de materiais como alternativa para promoção de soluções inovadoras sustentáveis. Segundo

Manzini (2008) a mudança não precisa acontecer em escala global, e sim, pode e deve, ocorrer primeiramente em pequenas comunidades, onde todos possam cooperar e ajudar, assim espalhando as iniciativas para outros lugares, onde consigam adaptar a sua realidade, assim aos poucos buscando um mundo mais sustentável.

Neste cenário, a presente investigação propõe através do método da experimentação em design o desenvolvimento de um material biodegradável utilizando o resíduo do processo de extração da polpa do Mandacaru, planta da família *Cactaceae*, gênero cactus, gerado por agricultores e criadores de gado do Município de Surubim - Pernambuco- Brasil. Essa polpa é utilizada como ração animal durante as crises hídricas que causam a escassez da vegetação na região nordeste do Brasil. Após a retirada da polpa sobram os caules fibrosos que, segundo os criadores, não possuem utilidade e são descartados (SILVA et al., 2019).

Para Ashby (2011), o importante é encontrar soluções criativas de design que sejam fontes de inspiração para a sociedade e que possam trazer transformações positivas para o dia a dia. Neste sentido, propor produtos que sejam ambientalmente responsáveis em todos os seus estágios, desde os métodos e insumos escolhidos na sua fabricação até as possibilidades de reciclagem no pós-uso deve ser compromisso do designer que pretende agir nesta transição para a sustentabilidade (MANZINI, 2008; CNI, 2019).

Acredita-se que essa matéria prima local, renovável e abundante tenha potencial para o desenvolvimento de novos materiais e produtos sustentáveis nas esferas industrial e artesanal. Alguns estudos na área da engenharia de materiais e biotecnologia já utilizaram a casca, os espinhos e o caule do cacto Mandacaru como carga em compósitos poliméricos e sugerem potenciais aplicações em processos biotecnológicos (LOPES, 2016; NEPOMUCENO et al., 2017; SILVA, 2019). No entanto, na perspectiva do design de produtos ainda são tímidos os experimentos com materiais biodegradáveis.

1.1 Biomateriais e os materiais compósitos biodegradáveis

As pesquisas e projetos inovadores de materiais e produtos têm surgido como forma de contribuição no processo de transição para um modelo circular de produção a serviço da sustentabilidade. Essas propostas são ações que visam amenizar os prejuízos causados pela interferência no meio ambiente através da extração de recursos não renováveis. Há uma urgência em projetar levando em consideração o impacto de materiais e produtos desde a extração dos recursos até o fim da vida útil e descarte, priorizando alternativas que contribuam para que os processos de extração não comprometam a capacidade de regeneração das fontes de matérias primas não renováveis (MANZINI, 2008).

Os biomateriais e os materiais compósitos biodegradáveis surgem nesse cenário como novos caminhos que impactam no ciclo de vida de materiais e produtos, desde a sua configuração até o pós uso. A grande disponibilidade de matérias primas renováveis que compõem os novos materiais e a oferta de propriedades mecânicas específicas desses resíduos tem mobilizado muitos pesquisadores na promoção da biocompatibilidade (BARBOSA et al. 2020; VIEIRA, 2021).

1.1.1 Biomateriais

Os biomateriais são todos aqueles que possuem origem biológica e são considerados uma alternativa aos convencionais derivados do petróleo. São materiais total ou parcialmente derivados da biomassa, adquiridas através das plantas, árvores ou animais. As fibras naturais também se enquadram nos materiais de base biológica (PURASACHIT, 2021).

Além disso, também é possível encontrar os polímeros naturais como a quitina, queratina e caseína. Essas biomassas durante o processo de aproveitamento podem ter sido submetidas a um tratamento físico, químico ou biológico. Cada biomaterial possui suas particularidades e não podem ser igualados pelo fato de serem derivados da biomassa. Os processos e gastos energéticos variam entre os materiais de base biológica, bem como a função de cada um e o impacto que será gerado durante a produção e consumo (LEE et al. 2020).

1.1.2 Materiais compósitos biodegradáveis

Os compósitos são materiais desenvolvidos a partir da união de dois ou mais materiais no objetivo de originar um novo material com melhores propriedades, sendo que um deles funcionará como matriz (polimérica, cerâmica ou metálica) e outro como um reforço (geralmente fibras) para compor a matriz. Materiais com estas características têm sido desenvolvidos na indústria utilizando fibras e matrizes sintéticas (SOUZA et al., 2019).

Para além dos materiais sintéticos, os materiais híbridos (normalmente composto por uma matriz sintética e reforçado com fibras naturais) têm conquistado espaço como uma alternativa mais sustentável. Todavia, vem crescendo os esforços para o desenvolvimento de materiais compósitos em que tanto a matriz como o reforço em fibras sejam provenientes de recursos naturais. Esses experimentos são necessários para que resíduos locais descartados em abundância sejam aproveitados, novos métodos de produção sejam elucidados, bem como novas experiências na concepção de um material compósito (BARAUNA et al., 2021).

O descarte em excesso e acúmulo de resíduos industriais no ambiente tem despertado o interesse no desenvolvimento de materiais que sejam biocompatíveis e que ao mesmo tempo cumpram seu papel ao qual foi destinado, sendo capaz de suprir as necessidades e que ao fim da vida útil possam ser reaproveitados ou que sejam capazes de se degradar no meio ambiente (ROSA DA SILVA e FREIRE DE OLIVEIRA, 2021).

1.2 O cacto Mandacaru como matéria prima local

O cacto *Cereus Jamacaru*, popularmente conhecido como Mandacaru, é uma planta nativa do bioma Caatinga e compõe a paisagem do semiárido do nordeste brasileiro (figura 1). A adaptação ao clima seco, solo com poucos nutrientes e radiação solar intensa favoreceu a presença da espécie em abundância na região.

Figura 1 - Cacto Mandacaru (Cereus Jamacaru)



Fonte: O autor (2021)

Segundo Silva et al. (2019), há registros da sua utilização tanto para fins alimentícios como também medicinais, principalmente por populações locais do semiárido que contam com poucos recursos de subsistência. Os agricultores e criadores da região se beneficiam da polpa do cacto Mandacaru durante os longos períodos de estiagem como uma forma de manter a alimentação dos rebanhos de bovinos e caprinos, servindo como ração temporária (figura 2).

Figura 2 - Preparação e uso da polpa como ração animal



Fonte: O autor (2022)

Após a retirada dessa polpa para os animais sobram os caules fibrosos que não conseguem ser aproveitados pelos criadores e são descartados no ambiente (figura 3).

Figura 3 - Caules descartados após a retirada da polpa



Fonte: O autor (2022)

Em um breve levantamento do estado da arte foram encontrados alguns estudos que utilizam partes do cacto mandacaru e de outras espécies de cactos como materiais alternativos e renováveis para a produção de novos materiais e produtos.

Lopes (2016) desenvolveu produtos em parceria com uma Comunidade Quilombola na região do semiárido da Bahia/Brasil utilizando o caule do cacto mandacaru de duas formas: a madeira do cacto in natura e processada na forma de pó como reforço em matriz polimérica PEAD. O primeiro contato com o material foi de caráter exploratório, pois segundo a autora, ainda são poucos os estudos científicos sobre o uso e as propriedades da madeira do cacto do Mandacaru. Os produtos artesanais foram propostos à medida em que as características do material eram conhecidas. O apoio da comunidade na extração da matéria prima foi fundamental para aprofundar os estudos interdisciplinares somando as metodologias de design aos processos artísticos, o que permitiu a criação de jóias artesanais e artefatos utilitários para sentar explorando as potencialidades da matéria prima local. Os resultados do estudo evidenciaram o caule do cacto como material renovável para geração de renda das pequenas comunidades do semiárido baiano.

Uma pesquisa desenvolvida na Universidade do Valle de Atemajac - México, experimentou em laboratório o suco de folhas do cacto Nepal, planta típica da região, para a fabricação de plásticos biodegradáveis (ORTIZ, 2016). Além disso, outras pesquisas têm se concentrado no desenvolvimento de embalagens alimentícias utilizando mucilagens de diferentes espécies de cactos para a formação de biopolímeros, apresentando-se como uma alternativa promissora para a conservação de alimentos e por ser favorável economicamente devido à grande disponibilidade aliada ao baixo custo da matéria prima (GHERIBI e KHWALDIA, 2019).

Também é possível encontrar estudos que utilizam os resíduos do cacto Mandacaru como reforço em matrizes poliméricas sintéticas para melhorar o desempenho de materiais e produtos, o uso da madeira do cacto como agregado em matriz de cimento para o desenvolvimento de concretos mais leves na construção civil, bem como pesquisas que extraem a celulose dos espinhos do vegetal (NEPOMUCEMO et al., 2017; SILVEIRA et al., 2019; SILVA, 2019).

Todos estes estudos têm em comum amenizar os impactos durante a produção e o descarte no fim da vida útil do produto e proporcionar competitividade econômica por meio do uso de matérias primas renováveis e de baixo custo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O método baseado na experimentação foi escolhido pela capacidade de contribuir com o surgimento de soluções inovadoras, provocando a reflexão sobre as práticas experimentais somadas às técnicas de fabricação de artefatos (BARAUNA, 2021).

Segundo Mainsah e Morrison (2013), a experimentação em design como pesquisa não impõe um rigor científico, o processo não é linear e nem homogêneo. Os autores ainda afirmam que através da experimentação em design são evidenciadas três principais atividades: o desenvolvimento do conhecimento; os diferentes métodos de investigação experimental e a inovação metodológica.

O desenvolvimento do conhecimento

Para a construção de um conhecimento reflexivo é preciso que haja uma experimentação metodológica na pesquisa de design, ou seja, diferentes técnicas retiradas da prática de design podem informar como a pesquisa de design é aplicada experimentalmente. Aqui, os métodos da investigação qualitativa podem ser utilizados a fim de esclarecer a análise das tentativas através da construção.

Os diferentes métodos de investigação experimental

Trata-se da criação de novas estratégias de design fazendo uso da transdisciplinaridade no intuito de desenvolver de forma inovadora artefatos de design, sistemas e serviços, em paralelo a uma articulação crítica qualitativa, fazendo com que no campo da pesquisa em design haja uma melhora das formas críticas e reflexivas.

Inovação metodológica

As inovações metodológicas somadas às técnicas de design refletirão na prática de pesquisa em design, promovendo novas direções estratégicas, contribuindo para a criação de novos processos, serviços e produtos.

Na mesma direção, Mineiro (2016) afirma que a experimentação em design difere da científica no que diz respeito ao rigor científico e analítico. O autor ainda afirma que também difere da experimentação técnica, visto que as questões, problemas, processos e proposições estão em outra racionalidade. A experimentação em design difere da científica, da técnica, e da artística a partir do momento em que o artefato de design possui utilidade e função comercial. Contudo, mesmo havendo essas diferenças, o autor pontua que é possível identificar nas experimentações em design características pertencentes aos outros tipos de experimentação mencionados.

2.1 Trajetória metodológica para o desenvolvimento da pesquisa

O design social para a sustentabilidade considera todas as etapas de produção dos produtos, distribuição e descarte após o consumo na intenção de reduzir impactos ambientais. A participação da comunidade na busca por soluções inovadoras e em práticas sustentáveis colaborativas visa também conscientizar sobre a necessidade de redução do uso de materiais provenientes de fontes não renováveis, bem como possíveis aproveitamentos de resíduos locais para a produção de novos materiais e produtos sustentáveis através do design (CARVALHO e SANTOS, 2021; OLIVEIRA, 2019).

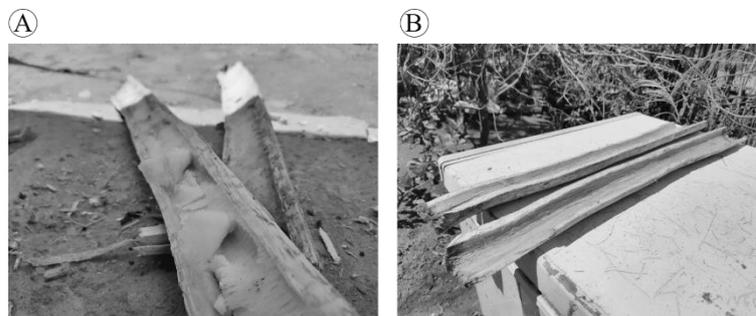
A qualidade da comunicação entre os atores do sistema, segundo Manzini (2008), também tem papel importante na promoção da sustentabilidade, pois proporciona aos indivíduos um novo olhar sobre as próprias ações, os impactos

gerados e quais alternativas seguir. Assim sendo, o diálogo com a comunidade da zona rural de Surubim - Pernambuco/Brasil foi fundamental para os resultados deste estudo.

Na etapa do beneficiamento dos resíduos foram usados utensílios do tipo: facão; faca de mesa com serras; liquidificador; peneira comum; colher de sopa; vasilhas de alumínio e fogão de combustão a gás. O recolhimento dos caules descartados despertou curiosidade entre moradores a respeito do que seria produzido com essa matéria prima, proporcionando a oportunidade de conversação sobre o uso e descarte exagerado de embalagens e possíveis novos caminhos de produção sustentável através dos resíduos do cacto.

Após a coleta dos caules, procedeu-se a retirada e descarte do miolo esponjoso com o auxílio do facão e da faca de mesa, figura 4. Na sequência, os caules já abertos foram expostos ao sol por três dias para secagem e ficaram aptos para a próxima etapa de moagem e peneiramento.

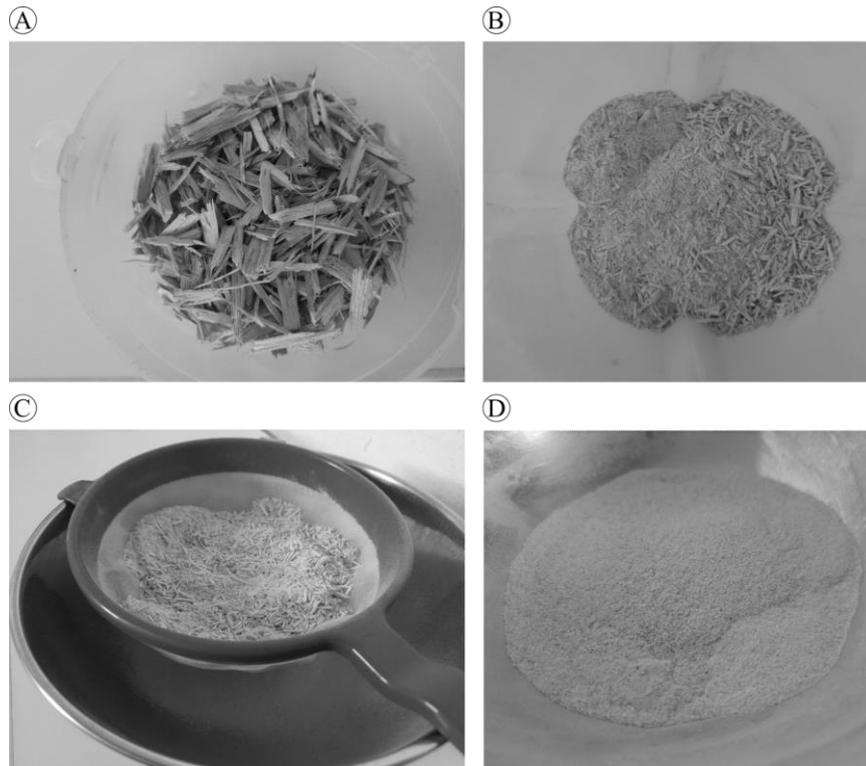
Figura 4 - Primeiros procedimentos para beneficiar os resíduos do caule do cacto (A – retirada do miolo esponjoso; B – exposição ao sol para secagem)



Fonte: O autor (2022)

Depois de secos, os caules foram quebrados em pequenos pedaços para facilitar o processo de moagem no liquidificador. Após o processo de moagem houve a etapa de peneiramento para separar o pó dos pedaços que não foram triturados como apresenta a figura 5.

Figura 5 - Beneficiamento dos resíduos do caule do cacto através da moagem e peneiramento (A – quebra das fibras em pedaços menores; B – início da moagem em liquidificador; C – peneiramento do resíduo; D – pó obtido após o procedimento)



Fonte: O autor (2022)

O processamento do biomaterial ocorreu em dois momentos: primeiro, a produção da massa e do ligante, seguida da mistura da massa com o ligante. O ligante foi produzido a partir do suco da polpa do Mandacaru que foi extraído dos galhos inferiores próximos ao tronco, pois são mais maduros e proporcionam uma maior viscosidade. Para cada 250g de polpa foi adicionado 100ml de água para moagem em liquidificador (figura 6).

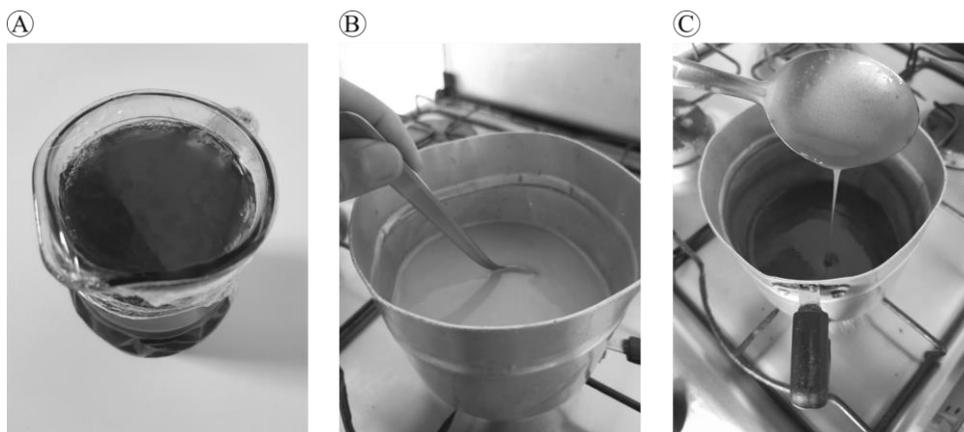
Figura 6 - Suco da polpa do cacto Mandacaru (A - retirada e descarte da casca; B – corte da polpa em pequenos pedaços; C - polpa cortada em liquidificador; D - peneiramento da mistura após a moagem para obtenção do suco)



Fonte: O autor (2022)

Para a produção do ligante, o amido de mandioca (32g) e o vinagre de álcool (30ml) foi adicionado ao suco da polpa do Mandacaru (450ml). Essa solução foi aquecida e agitada por 75 minutos em fogo baixo no fogão de combustão a gás. Após evaporação da água, o ligante assumiu uma textura viscosa (figura 7).

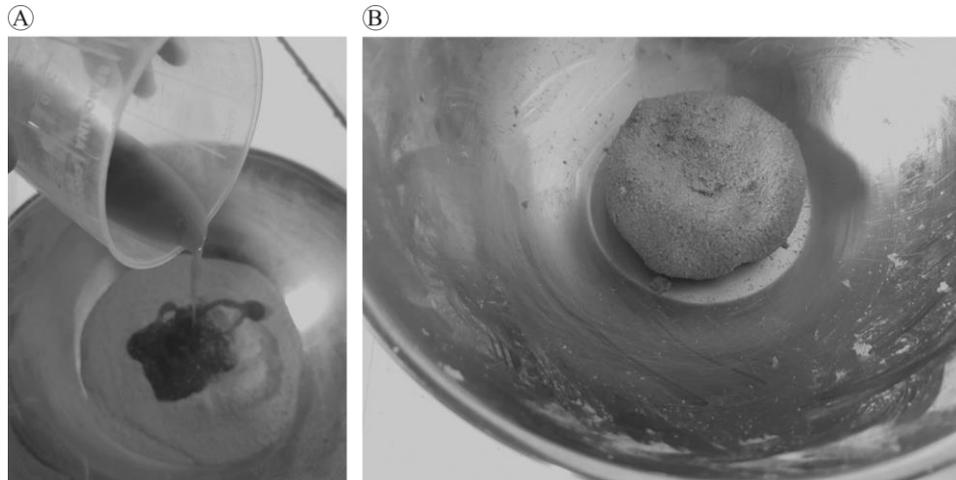
Figura 7 - Produção do ligante (A – suco da polpa; B – redução do suco, amido de mandioca e vinagre de álcool; C - ligante pronto)



Fonte: O autor (2022)

O resfriamento do ligante aconteceu de forma espontânea e o passo seguinte foi a mistura ao pó das fibras do caule de mandacaru (140g) para formar uma massa homogênea (figura 8).

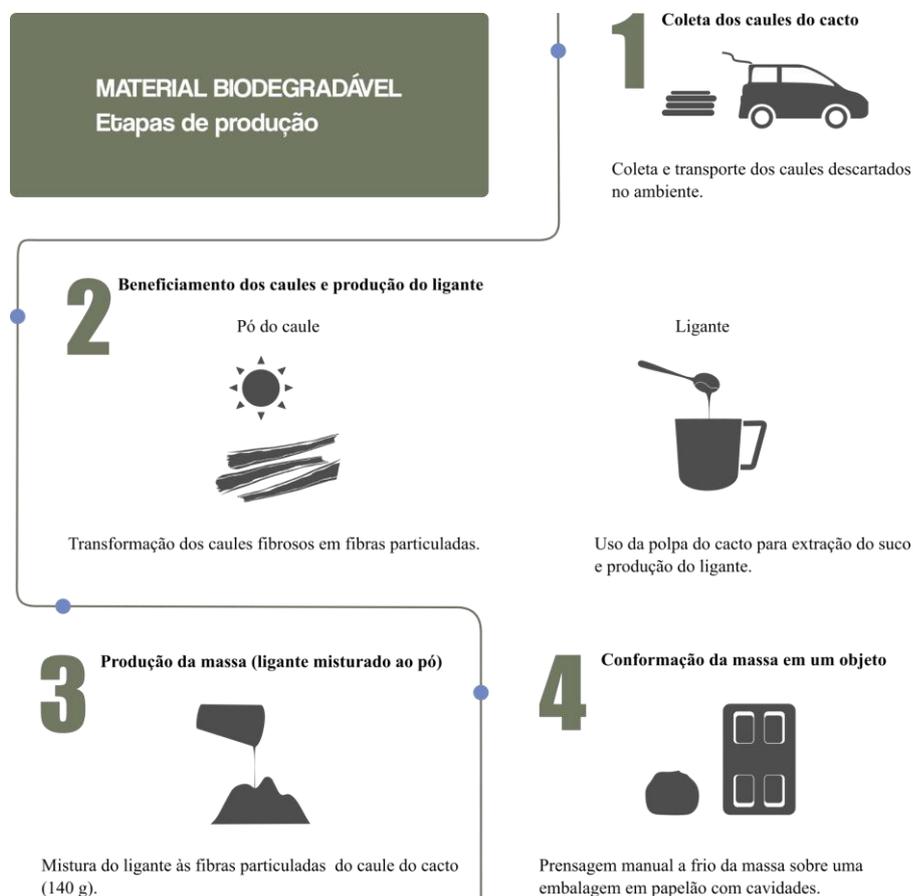
Figura 8 - Produção da biomassa (A – ligante misturado ao pó do caule; B – massa homogênea)



Fonte: O autor (2022)

Um fluxograma da produção experimental do novo material com o resíduo do cacto Mandacaru foi desenhado, figura 9.

Figura 9 - Fluxograma da trajetória metodológica para o desenvolvimento da pesquisa



Fonte: O autor (2022)

3 RESULTADOS

A biomassa foi conformada por prensagem manual em molde de papelão com quatro cavidades e exposta ao sol. Após 48h de secagem, o modelo foi retirado do molde. O novo material apresentou rigidez significativa e resistência mecânica, alterada pela umidade do ar. A superfície do material suportou refinamento por lixamento manual, mantendo a integridade do produto (figura 10).

Figura 10 - Novo material conformado em molde com quatro cavidades por prensagem manual



Fonte: O autor (2022)

O modelo após secagem apresentou resistência mecânica capaz de garantir manipulação do produto por lixamento manual. A estrutura embora leve e tenaz apresentou baixa resistência mecânica à tração (figura 11).

Figura 11 - Novo material conformado em molde com quatro cavidades por prensagem manual



Fonte: O autor (2022)

Entendendo que os resultados práticos alcançados neste estudo são indicativos de um potencial material para a sustentabilidade ambiental e social, os autores desta pesquisa sugerem como proposta de trabalhos futuros, em ambiente de laboratório: 1) a caracterização dos resíduos por infravermelho (composição química); 2) a produção do biomaterial utilizando a pectina como matriz polimérica reforçada com os resíduos do caule do cacto Mandacaru em diferentes proporções; 3) a caracterização térmica do biomaterial por Termo Gravimetria (TGA) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC); 4) um estudo da processabilidade do biomaterial por extrusão e injeção; 5) a avaliação das propriedades mecânicas do biomaterial a partir dos ensaios de tração e flexão; 6) a análise microbiológica contra fungo e por fim; 7) a análise da microestrutura através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

A pectina é um polissacarídeo que pode ser encontrado em frutas e legumes, ela tem apresentado resultados promissores na produção de materiais biodegradáveis por permitir de forma mais eficiente a manipulação do material. A partir dos estudos de Molena et. al (2019) foi possível produzir e moldar canudos biodegradáveis com esse material.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resíduo do cacto Mandacaru foi testado de forma experimental, em ambiente não laboratorial, como alternativa de material biodegradável para as embalagens de curto prazo. A experimentação em design contribuiu para o aprendizado através da aplicação de novas metodologias na produção e incentivou o uso da criatividade na busca por inovações sustentáveis, características importantes na ação do designer perante o cenário atual.

A trajetória da pesquisa foi desenhada a partir de estudos laboratoriais de engenharia de materiais e despertaram reflexões importantes no que diz respeito ao aproveitamento de resíduos, dentro do campo de estudo do Design Circular e do Design Social, a exemplo do incentivo à preservação dos recursos naturais para as futuras gerações e a participação da comunidade local.

O envolvimento da comunidade da zona rural de Surubim-Pernambuco/Brasil foi fundamental para o armazenamento e coleta dos resíduos do caule do Mandacaru. Alguns produtores passaram a reservar os caules que seriam descartados, e o tema da sustentabilidade começou a fazer parte das rodas de conversa.

Os resultados apontaram que os resíduos do cacto Mandacaru são promissores para a formação de bioestruturas, principalmente pela leveza e resistência do material ao impacto, todavia, o biomaterial apresentou baixa resistência a esforços mecânicos de tração e a água, contudo sem apresentar sinais de fungos ao longo do tempo. Como próxima fase, estão previstos, em laboratório, novos estudos com o biomaterial com diferentes tamanhos das partículas, com e sem a substituição do ligante por pectina, para testar e caracterizar o biomaterial.

REFERÊNCIAS

ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. Materiais e design: A arte e ciência da seleção de materiais no projeto do produto. Elsevier Brasil, 2013.

BARAUNA, Debora et al. Experimentação em design: biomateriais como uma alternativa para a moda sustentável. In: **VIII Simpósio de Design Sustentável/Symposium on Sustainable Design. 2021**. Disponível em: BARAUNA (ufpr.br). Acesso em: 26 de jul. 2021.

BARAUNA, Debora; RENCK, Giovanna Eggers; TOMÉ, Vitória Parchen Dreon. Experimentação e o cultivo de guaraná: uma aprendizagem sobre biomateriais no design. Disponível em: artigo_barauna_canal_renck_tome.pdf (4users.com.br). Acesso em: 19 de set. 2022.

BARBOSA, Larissa Moreira et al. Comportamento físico-químico sob diferentes temperaturas de secagem de compósitos de fécula de mandioca e fibra de sisal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, n. 2, p. 81-85, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i2.1229>. Acesso em: 22 de set. 2022.

CARVALHO, Mariany Costa; SANTOS, Maria Luiza Lopes de Oliveira. Estratégia para produção de revestimento em resíduo de fibra de bananeira promovendo o engajamento dos geradores da matéria-prima, p. 147-148. In: **Anais da II Jornada de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Design - UFMA**. São Paulo:

Blucher, 2021. Disponível em: Estratégia para produção de revestimento em resíduo de fibra de bananeira promovendo o engajamento dos geradores da matéria-prima - Blucher Proceedings. Acesso em: 19 set. 2022.

CONRADO, Vítor. **Mandacaru**. Disponível em: Mandacaru (part. Midian Nascimento) - Chico Conrado - LETRAS.MUS.BR. Acesso em: 04 de jul. 2021.

DA SILVA, Igor Cesar Rosa; DE OLIVEIRA, Ana Karla Freire. Ecocompósito de resina vegetal e resíduos de fibra de piaçava: Estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design. **Design e Tecnologia**, v. 11, n. 23, p. 24-37, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.23972/det2021iss23pp24-37>. Acesso em: 21 de set. 2022.

DESIGN Circular de Produtos [Webinar]. **Fibrenamics**, Portugal 2020. Disponível em: Fibrenamics - Fibrenamics. Acesso em: 26 de maio 2022.

GHERIBI, Rim; KHWALDIA, Khaoula. Cactus mucilage for food packaging applications. **Coatings**, v. 9, n. 10, p. 655, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/coatings9100655>. Acesso em: 19 de set. 2022.

JOHN, Maya Jacob; THOMAS, Sabu. Biofibres and biocomposites. **Carbohydrate polymers**, v. 71, n. 3, p. 343-364, 2008. Disponível em: [Biofibres and biocomposites - ScienceDirect](#). Acesso em: 12 de jul. 2022.

LEE, S. et al. Understanding 'Bio' Material Innovations: A Primer for the Fashion Industry. 2020. Disponível em: Understanding 'Bio' Material Innovations Report_©Biofabricate and Fashion for Good 2021.pdf | Fornecido pelo Box. Acesso em: 9 ago. 2021.

LOPES, J. de A. O Mandacaru e sua utilização como material expressivo e alternativo renovável no design e na arte. **Disser. (Pós-Graduação em Artes Visuais)**. Salvador: **Universidade Federal da Bahia**. 105p, 2016. Disponível em: dissertacao_-revisado_ort_e_normas.final_.pdf (ufba.br) Acesso em: 27 de maio 2022.

MAINSAH, Henry; MORRISON, Andrew. Towards a manifesto for methodological experimentation in design research. **Nordes**, v. 1, n. 5, 2013. Disponível em: Towards a manifesto for methodological experimentation in design research | Mainsah | Nordes. Acesso em: 10 ago. 2021.

MANZINI, Ezio. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MINEIRO, Érico Franco. Experimentação em Design como Estratégia no Cenário da Autoprodução. Experimentation in Design as an Auto-production Scenario Strategy). Thesis (doctoral)–**Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design**. advisor: Claudio Freitas de Magalhães, 2016.

MOLENA, Aline Cristiane; VIDOTTO, Alex Aparecido; GUERRA, Ariane. Produção de canudos biodegradáveis e comestíveis a base de pectina. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Química – Etec Amim Jundi, Osvaldo Cruz, SP. orientadora: Rebeca Zuliani Galvão, 2019. Disponível em: Produção de Canudos Biodegradáveis e Comestíveis a Base de Pectina.pdf (azure.com). Acesso em: 20 de jul. 2022.

NEPOMUCENO, Neymara C. et al. Extraction and characterization of cellulose nanowhiskers from Mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) spines. **Cellulose**, v. 24, n. 1, p. 119-129, 2017. Disponível em: Extraction and characterization of cellulose nanowhiskers from Mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) spines | SpringerLink. Acesso em: 05 de jul. 2021.

OLIVEIRA, Inês Cerqueira Mendes de. Design Social como fator de desenvolvimento regional sustentável baseado nas competências e recursos naturais locais. 2019. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/65370>. Acesso em: 21 de set. 2022.

ORTIZ, Sandra Pascoe; ARCE, Michelle Mendoza. Producción y Caracterización de Películas de Biopolímero de Nopal *Opuntia ficus-indica* (L.). Disponível em: Produccion-y-Characterizacion-de-Peliculas-de-Biopolimero-de-Nopal-Opuntia-ficus-indica-L.pdf (researchgate.net). Acesso em: 15 de jul. 2021.

PAPANEK, Victor. Design for the Real World: Human Ecology and *Social Change*. Chicago: Academy Chicago Publishers, 2005.

PELTIER, Fabrice; SAPORTA, Henri. Design sustentável: caminhos virtuosos. São Paulo: **Editora Senac São Paulo**, 2009.

PESQUISA sobre economia circular na indústria brasileira. **Portal Da Indústria**, set. 2019. Disponível em: Pesquisa sobre Economia Circular na Indústria Brasileira - Portal da Indústria - CNI (portaldaindustria.com.br) Acesso em: 27 de maio 2022.

PURASACHIT, Irene et al. The designerly approach in material development: a design-led exploration of surplus flowers as raw material. 2021. Disponível em: [The Designerly Approach in Material Development: a design-led exploration of surplus flowers as raw material \(aalto.fi\)](#). Acesso em: 19 de set. 2022.

SILVA, Luana Fernanda Costa Raulino et al. *Cereus jamacaru* DC.(Cactaceae): From 17th century naturalists to modern day scientific and technological prospecting. **Acta Botanica Brasilica**, v. 33, p. 191-197, 2019. Disponível em: [SciELO - Brasil - <i>Cereus jamacaru</i> DC. \(Cactaceae\): From 17th century naturalists to modern day scientific and technological prospecting <i>Cereus jamacaru</i> DC. \(Cactaceae\): From 17th century naturalists to modern day scientific and technological prospecting](#). Acesso em: 05 de jul. 2021.

SILVA, Luana Maria de Queiroz et al. Avaliação do potencial de cactáceas para aplicações em processos biotecnológicos. 2019. Disponível em: [Avaliação do potencial de cactáceas para aplicações em processos biotecnológicos. \(ufcg.edu.br\)](#). Acesso em: 23 de jun. 2021.

SILVEIRA, M. et al. Use of alternative aggregate for lightweight concrete production. **Academic Journal of Civil Engineering**, v. 37, n. 2, p. 576-582, 2019. Disponível em: [View of Use of alternative aggregate for lightweight concrete production \(augc.asso.fr\)](#). Acesso em: 19 de set. 2022.

SMOL, Marzena; KULCZYCKA, Joanna; AVDIUSHCHENKO, Anna. Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 3, p. 669-678, 2017. Disponível em: [Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions | SpringerLink](#). Acesso em: 12 jul. 2022.

SOUZA, João Henrique Santos et al. Materiais compósitos de matriz poliéster com reforço híbrido de tecido de fibras de juta e mantas de fibra de vidro. **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 1, p. 777-790, 2019. Disponível em: [View of Materiais compósitos de matriz poliéster com reforço híbrido de tecido de fibras de juta e mantas de fibra de vidro / Composite materials of polyester matrix with hybrid reinforcement of jute fiber fabric and fiberglass blankets \(brazilianjournals.com\)](#). Acesso em: 22 de set. 2022.

VIEIRA, Karina et al. Síntese e caracterização de um compósito polimérico biodegradável utilizando poli (ácido lático) e borra de café. 2021. Disponível em: [2021_07_03 - Dissertação Karina Vieira \(VF2\) \(ufsc.br\)](#). Acesso em: 22 de set. 2022.

JOSIVALDO JOSÉ LIMA DA SILVA

**EXPERIMENTAÇÃO DE MATERIAL BIODEGRADÁVEL COM RESÍDUOS DO
CACTO MANDACARU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Design do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel/licenciado em Design.

Aprovado em: 04/11/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Germannya D’Garcia de Araújo Silva (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Tercia Valfridia Lima Nunes (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Isis Tatiane de Barros Macêdo Veloso (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Campina Grande